

SESSION 2022

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE ET CAFEP CORRESPONDANT
ET TROISIÈME CONCOURS**

Section : GÉNIE CIVIL

Option : ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES - ÉNERGIE

EPREUVE ECRITE DISCIPLINAIRE

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	3100J	101	9311

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	3100J	101	9311

► **Troisième concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFV	3100J	101	9311

Consignes générales

Il est rappelé que la présentation de la copie est un indicateur évalué par le jury.
Pour l'ensemble de l'étude, l'évaluation prendra en compte :

- La pertinence des méthodes et des éventuelles hypothèses,
- La précision et l'analyse des résultats,
- La qualité de la rédaction et le soin des tracés.
- Toute application numérique devra comporter la formule littérale, le détail des calculs, et le résultat avec ses unités.

Le sujet est composé de 5 parties complètement indépendantes.

Chaque partie devra être traitée sur une copie différente et les documents réponses seront remis dans les feuilles de copies correspondantes.

Le sujet se décompose en 4 dossiers :

- Présentation de l'étude : pages 3 à 5
- Le travail demandé : pages 6 à 15
- Les documents techniques (DT) : pages 16 à 22
- Les documents réponses (DR) : pages 23 à 29

DOCUMENTS :

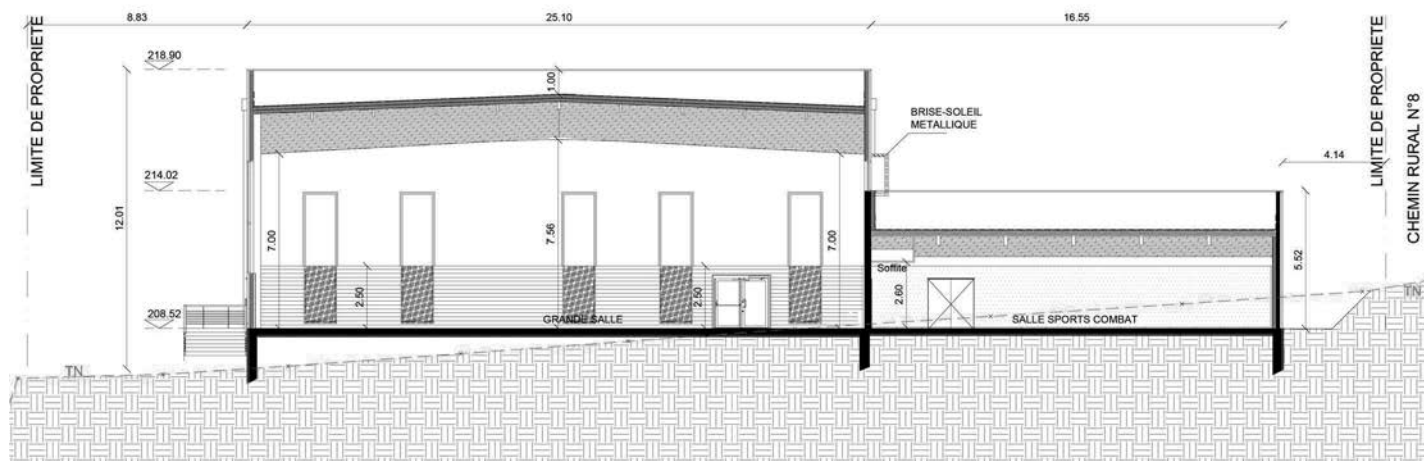
- Cette épreuve comporte :
 - Un document divisé en 5 parties indépendantes. Quasiment toutes les questions sont indépendantes les unes des autres ce qui permettra à chacun des candidats de pouvoir exploiter au mieux ce sujet.
 - L'ensemble des documents réponses (DR) devront **tous** être rendus, même s'ils n'ont pas été traités.
- Remarque : toutes les pages de tous les documents rendus devront être numérotées.

Présentation de l'étude

L'étude porte sur la construction d'un Espace sportif Multi-activités à Saulon la Chapelle (21) pour le compte de la communauté de communes du Sud Dijonnais.

Le bâtiment suivra une démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) et est classé ERP de 5^{ème} catégorie (Locaux sans sommeil) type X (Etablissement sportif clos et couvert)

Il comporte une grande salle multisport de 1088 m², une salle de sports de combat de 265m², des vestiaires et sanitaires, un local de rangement et des locaux techniques.



Conditions climatiques extérieures :

Site

- Latitude 47° N
- Altitude 220 m

Conditions hivernales

La température hivernale extérieure à prendre en compte est de -10 °C (moins dix degrés Celsius) :

- Température base $-11,0\text{ °C}$
- Température moyenne annuelle $10,1\text{ °C}$

Conditions estivales (base rafraîchissement passif) :

- Température extérieure de base $+31\text{ °C}$
- Humidité relative 38 %

Conditions climatiques intérieures :

Les températures sèches à maintenir dans les locaux chauffés – mesurées au centre de la pièce à 1,50 [m] du sol, à $\pm 1\text{ °C}$, seront les suivantes :

Hiver

Occupation :

- Tous locaux 18 °C

Inoccupation < 48 h :

- Abaissement par rapport à la température de confort, pour l'ensemble des locaux concernés
- Nuits et week-end -5 °C

Inoccupation > 48 h :

- Abaissement par rapport à la température de confort pour l'ensemble des locaux concernés -8 [°C]

Eté

Occupation :

- Dojo et grande salle T max 28 °C
pendant moins de 20h au mois de juin (en période d'occupation),
- Humidité non contrôlée

Inoccupation :

- Tous locaux non contrôlée

Principes de fonctionnement des installations (schéma principe DT1 page 16)

Chauffage réversible :

- Raccordements sur les collecteurs des sondes géothermiques de récupération de chaleur,
- Production calorifique centralisée par pompes à chaleur (PAC) eau glycolée/eau, raccordées sur sondes géothermiques verticales, permettant de récupérer la chaleur cédée par le sol au circuit primaire des sondes (eau glycolée) et de la céder au fluide frigorigène des pompes à chaleur,
- Panoplie de distribution chauffage – réversible – pour le bâtiment, avec pompe à haut rendement,
- Production semi-instantanée d'ECS par chaudière gaz à condensation associée à un ballon préparateur, appoint-secours du chauffage assuré également par la chaudière gaz à condensation,
- Distribution chauffage-rafraîchissement (change-over) bitube par réseaux régulés à eau,

Emission calorifique par :

- Panneaux rayonnants à eau chaude dans la grande salle et le dojo, avec régulations terminales individuelles par local,
- Radiateurs acier panneaux dans les autres locaux, avec régulations terminales individuelles par pièce assurées par robinets thermostatiques,

Rafraîchissement des locaux en mi-saison chaude et en été assurée par :

- Réversibilité des installations secondaires (panneaux rayonnants et batteries change over) raccordées sur station de rafraîchissement passive**, elle-même alimentée par les circuits d'eau glycolée des sondes géothermiques, avec vanne de régulation secondaire permettant d'adapter la charge de rafraîchissement en fonction de la température extérieure,
- Régulation d'ambiance par local desservi, avec contrôle du point de rosée,

*** compresseurs des PAC à l'arrêt – Consommations électriques des pompes uniquement.*

Ventilation :

- Ventilation générale double flux des locaux par centrales de traitement d'air installée en local technique ventilation, équipée d'une récupération d'énergie haute efficacité sur l'air extrait et d'une batterie terminale change-over alimentant :
 - **CTA01** : la grande salle,
 - **CTA02** : le Dojo et la zone vestiaires-sanitaires,
- Distribution vers les locaux en air filtré et préchauffé ou pré-rafraîchi (installation générale, en sortie de récupération de l'échangeur CTA) pour assurer la ventilation hygiénique des locaux,
- Possibilité d'utilisation des installations de ventilation en mode de rafraîchissement nocturne (free-cooling),
- Variations de débits pour le Dojo (occupation intermittente) par action sur registres motorisés en période d'inoccupation.

Régulation centralisée :

- Gestion technique centralisée des installations de chauffage, rafraîchissement et ventilation (régulation, programmations, reprises des informations de températures, comptages, alarmes...).

PARTIE 1 :

ANALYSE DU SCHEMA DE PRINCIPE

- a) A l'aide du schéma de principe présent en documentation technique (**DT1 page 16**) on vous demande de compléter la nomenclature présente dans le document réponse (**DR 1 page 23**)
- b) Expliquer le rôle de la bouteille et des deux vanes 2 voies indiquées par les repères A et B sur le schéma (**DT1 page 16**) ?
- c) Le CCTP indique que le principe de rafraîchissement retenu favorise l'utilisation prioritaire d'un système « passif » par géocooling avec pré-rafraîchissement de l'air soufflé. Les CTA seront alimentées en eau rafraîchie via un échangeur de rafraîchissement passif, avec séparation des circuits, raccordé sur les sondes géothermiques verticales et le circuit secondaire, en parallèle de(s) pompe(s) à chaleur.
- Quels sont les 2 principaux intérêts d'un tel système ?
 - Indiquer le rôle de la V3V repérée C sur le schéma de principe (**DT1 page 16**).

PARTIE 2 :

ETUDE DES PAC

La production calorifique centralisée du chauffage sera réalisée par **pompes à chaleur géothermiques** raccordées sur des sondes géothermique verticales fermées, avec appoint secours par chaudière gaz.

La sélection des PAC Eau glycolée / Eau sera effectuée selon les critères suivants :

- Régimes d'eau :
 - Évaporateur – entrée / sortie (ΔT 3K) 0°C / -3 °C
- Condenseur - entrée / sortie (ΔT 5K)..... + 40°C / + 45 °C
- Puissance calorifique minimale PAC requise*(B0/W35) ** 42 kW
- COP (B0/W35) ** > 4,5

* Dimensionnement de la production effectuée sur une base de 70% de la puissance nette requise. L'appoint est assuré en période froide (et le secours en cas de défaut) par une antenne issue de la chaudière gaz à condensation qui assure la production ECS, et l'appoint-secours du chauffage via un ballon accumulateur.

**B0/W35 : Température d'eau glycolée 0°C et Température d'eau 35°C.

Deux PAC de modèle VITOCAL 300-G BW+BWS 301.A21, fonctionnant au R410A sont installées.

Question 1 : Sélection

- a) A l'aide de la documentation technique fournie (**DT2 page 17**), vérifier que les PAC sélectionnées correspondent aux exigences.
- b) Expliquer pourquoi il est intéressant de dimensionner les PAC par rapport à 70% de la puissance nette requise.

Question 2 : Analyse réglementaire

- a) Pour une installation frigorifique, on définit le T.E.W.I. : Total Equivalent Warming Impact. Quelle est la fonction de cet indice ?
- b) La formule pour calculer le TEWI d'une installation frigorifique est la suivante :

$$\text{TEWI} = \text{GWP}_{100} \times f \times m \times n + \text{GWP}_{100} \times m \times (1 - \alpha_{\text{recovery}}) + n \times E \times A$$

f : coefficient de fuite de la charge en R410A par an ; **f = 0,03**

m : quantité de fluide frigorigène à la mise en service en kg.

n : nombre d'années d'utilisation de la pompe à chaleur ; **n = 20 ans.**

α_{recovery} : Taux de récupération du fluide au démontage de la PAC ;

$\alpha_{\text{recovery}} = 0,75.$

E : consommation en énergie électrique sur une année ;

E = 53 000 kWhélec/an.

A : coefficient d'émission ; **A = 0,13 kg CO₂/kWhélectrique.**

GWP₁₀₀ pour le R410A = 1924 kg équivalent CO₂/kg

- Que représente le GWP₁₀₀ pour un fluide frigorigène ?
- Identifier les trois termes de l'addition qui participent au calcul de cet indice.
- Calculer la valeur du TEWI pour notre installation en utilisant notamment les valeurs particulières indiquées en gras.
- Conclure sur l'intérêt de porter une attention particulière à l'étanchéité des installations.

- c) Quelle sera la fréquence des contrôles pour vérifier l'étanchéité de cette PAC ?
Justifiez votre réponse.

Contenance de l'équipement	Fréquence du contrôle sans détecteur fixe	Fréquence du contrôle avec détecteur fixe
Entre 5 et 50 tonnes équivalent CO ₂	Tous les ans	Tous les 2 ans
Entre 50 et 500 tonnes équivalent CO ₂	Tous les 6 mois	Tous les ans
Au-delà 500 tonnes équivalent CO ₂	Tous les 3 mois	Tous les 6 mois

Question 3 : Tracé de cycle

Données à prendre en compte :

- On considérera un pincement (écart de température minimum entre les deux fluides dans l'échangeur) à l'évaporateur et au condenseur de 5°C.
 - Surchauffe interne de l'évaporateur : 2K.
 - Sous refroidissement interne du condenseur : 2 K.
 - Echauffement supplémentaire dans la tuyauterie aspiration compresseur : 4K.
 - Refroidissement dans la conduite liquide : 3 K.
 - Compression quasi-isentropique.
 - On néglige les pertes de charge dans l'appareil.
- a) À l'aide des données, déterminer les valeurs des températures d'évaporation et de condensation.
- b) Tracer le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique fourni (document réponse **DR 2 page 24**) et compléter le tableau de valeur.
- c) Calculer la valeur du débit massique de fluide frigorigène.
- d) En déduire le COP de l'installation. Conclure.

Question 4 : Donner la fonction du ballon tampon implanté sur le circuit d'eau glycolée (réseau PAC) et expliciter la démarche de dimensionnement de celui-ci.

Question 5 : Etude de la régulation.

Principe de régulation des PAC : régulation numérique de pompe à chaleur à modulation de puissance (2 étages) en fonction de la température extérieure avec pilotage du circuit secondaire de chauffage avec la loi d'eau suivante :

- Départ d'eau +45°C par -11°C ext / +25°C par +15°C ext
- Fonctionnement en cascade des 2 PAC.

- a) Expliquer le principe de fonctionnement de la régulation.
- b) Tracer les graphes de régulation correspondant.

PARTIE 3 :

VENTILATION ET TRAITEMENT D'AIR

Le CCTP prévoit un système de chauffage réversible par panneaux rayonnants à eau pour le Dojo et la grande salle et par radiateurs pour les autres locaux. Ces émetteurs combattront uniquement les déperditions statiques des locaux.

La ventilation générale hygiénique des locaux sera assurée par deux centrales de traitement d'air double flux équipée d'une récupération calorifique haute efficacité (80% mini) sur l'air extrait : Une batterie à eau réversible permettra d'amener l'air soufflé aux conditions souhaitées et de combattre ainsi les déperditions par ventilation et infiltration.

- **CTA01** : pour la grande salle,
- **CTA02** : pour le Dojo et la zone vestiaires-sanitaires,

L'efficacité de récupération de l'échangeur de chaque CTA permettra de porter la température de l'air pulsé à +15°C environ, aux conditions extérieures de base (pour de l'air neuf à -11°C).

Chaque centrale, équipée d'une batterie à eau de post chauffage intégrée ou déportée, permettra d'augmenter la température de l'air soufflé à une température neutre de 19°C après échange.

La régulation embarquée de chaque CTA pilotera la puissance de la batterie à eau avec une vanne trois voies de régulation et agira également sur l'ouverture ou la fermeture du clapet by-pass, en fonction des températures intérieures et extérieures (mode free-cooling).

Question 1 : Principe de fonctionnement des centrales double flux

a) Les deux CTA sont équipées de récupérateurs de chaleur de technologies différentes.

Pour la CTA 01, c'est un échangeur à roue et pour la CTA 02, c'est un échangeur à plaques.

- Expliquer les différences entre ces 2 types de récupérateur.

b) Les 2 récupérateurs sont équipés de by-pass motorisés permettant le fonctionnement en free-cooling en mi-saison ou en été.

- Expliquer ce mode de fonctionnement et son intérêt.

c) Le by-pass de l'échangeur à plaques (CTA02) est également utilisé pour éviter le givre à la surface de celui-ci. Ce risque de gel a lieu quand la température de l'air rejeté descend en dessous de 5°C.

- Quel est le risque d'avoir du givre dans l'échangeur ?
- Sur quels airs (air neuf / air soufflé ou air extrait / air rejeté) risque-t-on d'avoir

du givre ? Expliquer pourquoi.

- Proposer un fonctionnement de la sécurité antigel de l'échangeur.
- Tracer le graphe de régulation du thermostat.

Question 2 : Etude de la CTA du Dojo en hiver

La CTA sélectionnée permet d'obtenir les résultats suivants :

Air neuf :	-11°C, 90 %
Air intérieur :	19°C, 50 %
Air neuf sortie récupérateur :	14.5°C, ?
Air soufflé (sortie de batterie chaude) : ..	19°C, ?
Régime d'eau Batterie chaude :	45°C / 40°C

- Placer les points caractéristiques de l'air neuf et de l'air repris en hiver sur le diagramme psychrométrique, (**document DR3 page 25**) et compléter le tableau « caractéristiques de l'air ».
- Tracer l'évolution de l'air dans la CTA sur le diagramme psychrométrique du document **DR3 page 25** et compléter le tableau « caractéristiques de l'air ».
- Vérifier que le récupérateur de chaleur choisi répond bien à l'exigence du CCTP.
- Sachant que le débit d'air neuf est de 2175 m³/h, déterminer la puissance nécessaire pour la batterie à eau chaude.
- En déduire le débit d'eau nécessaire pour la batterie.

Question 3 : Fonctionnement de la CTA du Dojo

- D'après les informations données sur la CTA, réaliser, sur votre copie, le schéma de principe de celle-ci en faisant apparaître tous les éléments nécessaires au fonctionnement correct de l'installation
- Représenter la régulation sur le schéma de principe à partir des éléments suivants issus du CCTP :
 - Maintien de la température de soufflage à une valeur constante par action en séquence P/PI avec signal 0-10V sur la vanne de la batterie.
 - Sécurité antigel : arrêt de la CTA, fermeture du registre d'air neuf et ouverture de la vanne 3 voies de la batterie chaude.
 - Contrôle encrassement filtres par pressostat différentiel.
 - Contrôle débit d'air par pressostat différentiel.
 - Détection de fumée : en cas de déclenchement de la sécurité, arrêt de la CTA et fermeture du registre d'isolement.
 - Le pilotage de la CTA pourra se faire par l'horloge (à programmes journaliers, hebdomadaires, mensuels ou annuels).

À partir de cette liste, représenter la régulation sur le schéma de principe.

PARTIE 4 :

TRAITEMENT DE L'EAU

L'étude portera sur l'adoucisseur Permo A4X Control 6050 installé sur le réseau d'eau froide, qui traite l'eau avant d'alimenter le dispositif de remplissage du réseau de chauffage ainsi que le réseau de production sanitaire.

Les occupants se plaignent d'apparition de trace de calcaire sur les robinets et dans les douches. Alors que vous intervenez sur le site pour effectuer un relevé vous constatez qu'un adoucisseur est pourtant bien sur le réseau.

Question 1 : Notions technologiques

- a) Quelles sont les causes de l'apparition de trace de calcaire sur les robinets et dans les douches ?
- b) Expliquer le Titre Hydrotimétrique et donner son unité.
- c) Que se passe-t-il si la valeur du TH est inférieure à 8 [°F], dans une installation sanitaire ?
- d) Que se passe-t-il si la valeur de TH est supérieure à 13 [°F], dans une installation sanitaire ?
- e) Sur un adoucisseur, expliquer le fonctionnement du mode « régénération »

Question 2 : Vérification du dimensionnement de l'adoucisseur installé

- a) En utilisant l'extrait du relevé d'eau donné par la ville de Saulon la Chapelle, calculer le titre hydrotimétrique de l'eau de ville.

Ville	Saulon la Chapelle
Nitrates	16,8 mg/L
Présence de pesticides	Non
PH	7,7
Conformité bactériologique	100%
Cuivre	0,075 mg/L
Calcium	98,92 mg/L
Magnésium	4,53 mg/L
Bicarbonates	283,89 mg/L
Potassium	1,54 mg/L
Chlorures	12,2 mg/L
Fluor	0,076 mg/L
Sodium	6,62 mg/L

- $1[°F] = 4 [mg/l]$ de calcium ou $2,4 [mg/l]$ de magnésium
- ou $1[°F] = 10 [mg/l]$ de carbonate de calcium.

- b) En vous appuyant sur l'extrait du CCTP (ci-dessous), déterminer en [m³] le volume d'eau adoucie « V_{H₂O} » consommé avant chaque régénération.

Extrait du CCTP	
Régimes de fonctionnement	
Eau chaude sanitaire - stockage	60 [°C]
Eau chaude mitigée – distribution terminale	35 [°C]
Arrivée d'eau froide sanitaire	10 [°C]
Besoins en eau	
Besoin maxi journalier	1 950 [l/24h]
Débit continu (besoin pluri horaire)	3 000 [l/h]
Débit de pointe	450 [l/10mn]
Durée de pointe pluri-horaire	2 [h]
Fonctionnement de l'adoucisseur	
Une régénération hebdomadaire, programmée le dimanche à 23h59	
Eau douce	10 [°F]

- c) Pour la suite, nous utiliserons :

- Un volume d'eau adoucie de 14 [m³]
- Une arrivée d'eau dure à 27 [°F]

Déterminer la capacité d'échange « C_{ES} » pour réduire la dureté de l'eau. Vérifier que l'adoucisseur installé répond aux besoins :

On vous rappelle : $C_{ES} = V_{H_2O} \times \Delta TH$ Avec :

C_{ES} : la capacité d'échange de l'adoucisseur en [°F.m³]

V_{H₂O} : volume d'eau adoucie en [m³]

ΔTH : la différence de titre hydrotimétrique entre l'arrivée d'eau de ville et l'eau douce

Question 3 : Répartition de débit

- a) Donner le nom et le rôle de la vanne n°11 sur le **DT1 page 16** « Schéma de principe de la chaufferie ».
- b) Calculer le taux de répartition des débits (eau dure et adoucie) pour atteindre une eau à 10 [°F].

Question 4 : Réglage de la vanne d'équilibrage

Pour la suite, nous utiliserons la répartition de débit suivante :

- Débit d'eau froide sanitaire : $Q_{VEFS} = 37$ [%]
 - Débit d'eau en sortie de l'adoucisseur : $Q_{VESA} = 63$ [%]
- a) En vous appuyant sur la documentation technique de l'adoucisseur (**DT3 page 18**) et sur l'abaque des pertes de charges de l'adoucisseur, tracer sur le **DR4 page 26**, la perte de charge de ce dernier « ΔP_{Ad} » en utilisant le débit de pointe.
- b) La perte de charge du tronçon qui alimente l'adoucisseur est de 6 [mCE] (adoucisseur plus canalisation), quelle doit être la valeur de la perte de charge du tronçon by-pass, passant par la vanne de réglage n°11 pour obtenir un équilibrage cohérent ?
- c) Déterminer sur l'abaque **DR5 page 27** le réglage de la vanne permettant de respecter les proportions de débit d'eau dure et d'eau adoucie.

La référence de la vanne installée est la suivante : Vanne de réglage STAD DN 20

- d) Sachant qu'un relevé sur site indique un réglage à 4 tours, que pouvez-vous en déduire ?

Question 5 : Maintenance

L'adoucisseur est installé sur une dalle de béton de 20 cm dans le local chaufferie (hauteur sous plafond 2.3 m), correctement ventilé. L'accessibilité au bac à sel et au préfiltre est garantie par un dégagement suffisant.

- a) Expliquer la procédure de maintenance préventive sur un adoucisseur.
- b) Une intervention de maintenance corrective est programmée : remplacement des résines. Expliquer si cette intervention est réalisable ?

PARTIE 5 :

ÉLECTRICITE ET RÉGULATION

L'étude portera sur le local technique chaufferie. L'entreprise en charge du lot électricité a acheminé une alimentation électrique suivant le cahier des charges (**DT5 page 20**). La chaufferie est composée de deux pompes à chaleur, d'une chaudière à condensation et des différentes pompes.

Question 1 : Alimentation électrique du local.

Comme prévu par le CCTP, l'entreprise en charge du lot électricité demande une validation pour l'alimentation du local. L'entreprise prévoit un câble de 80 m U1000RO2V 5G4mm² avec une protection par disjoncteur différentiel 4x32A 300mA pour le départ local technique du TGBT

- a) Sur le document technique **DT5 page 20**, on nous parle du schéma de liaison à la terre qui est de type TT. Expliquer ce schéma de liaison, ses avantages et inconvénients.
- b) Est-il adapté pour ce site ?
- c) L'entreprise installe une protection en amont du local : un disjoncteur différentiel. A quoi sert cet appareillage et comment fonctionne-t-il ?
- d) Après lecture du CCTP (**DT5 page 20**), justifier l'utilisation d'un DDR de 40 A
- e) L'alimentation électrique est prévue en U1000RO2V 5G 4mm² en cuivre,

On vous rappelle :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_B (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \times L$$

Avec :

ΔU : La chute de tension en Volt

I_B : courant d'emploi en A

L : longueur du câble en Km

R : résistance linéique d'un conducteur Ω/km

S : section en mm²

X : réactance linéique d'un conducteur en Ω/km

$$R = \frac{23,7 \Omega \text{ mm}^2 / \text{km}}{S} \quad \text{pour le cuivre}$$

$$R = \frac{37,6 \Omega \text{ mm}^2 / \text{km}}{S} \quad \text{pour l'aluminium}$$

La chute de tension existante au TGBT est de 1,1 V entre phase et neutre et celle du coffret chaufferie à l'appareillage le plus défavorable (chaudière) est de 0,40%.

Expliquer le phénomène de chute de tension. Pourquoi le vérifie-t-on ?

- f) Calculer la chute de tension dans le câble d'alimentation et la chute de tension globale aux bornes de la chaudière. (On prendra une intensité de 23,1 A et une réactance linéique de conducteur de 0,008 Ω/km et un $\cos \varphi$ de 1)
- g) Si la chute de tension est supérieure à 20 V et en vous aidant du document **DT 6 page 20**, indiquer ce que vous penseriez de ce résultat et quelles seraient vos préconisations.

Question 2 : Tableau de distribution.

Pour la suite de l'étude nous nous contenterons de la gestion de la chaudière et de ses pompes pour la production d'eau chaude sanitaire et l'appoint chauffage. Le Client demande que le tableau soit équipé de voyants indiquant le fonctionnement ou le défaut des appareils. (Défaut pompe, défaut manque d'eau)

- a) Expliquer ce qui peut être à l'origine de ces deux défauts.
- b) Compléter le **DR 6 page 28** en faisant apparaître les chaînes de commande pour :
 - Le voyant marche de la pompe de charge Ballon ECS.
 - Le voyant défaut de la pompe de charge ballon ECS.
 - Le défaut manque d'eau.

Question 3 : GTB et automate

Il est prévu une unité de gestion locale communicante. On retrouve sur le **DT 7 page 21**, les différents points physiques pour le fonctionnement du système. (Notre étude se limitera à la gestion de la chaudière et de ses pompes pour la production d'eau chaude sanitaire et l'appoint chauffage).

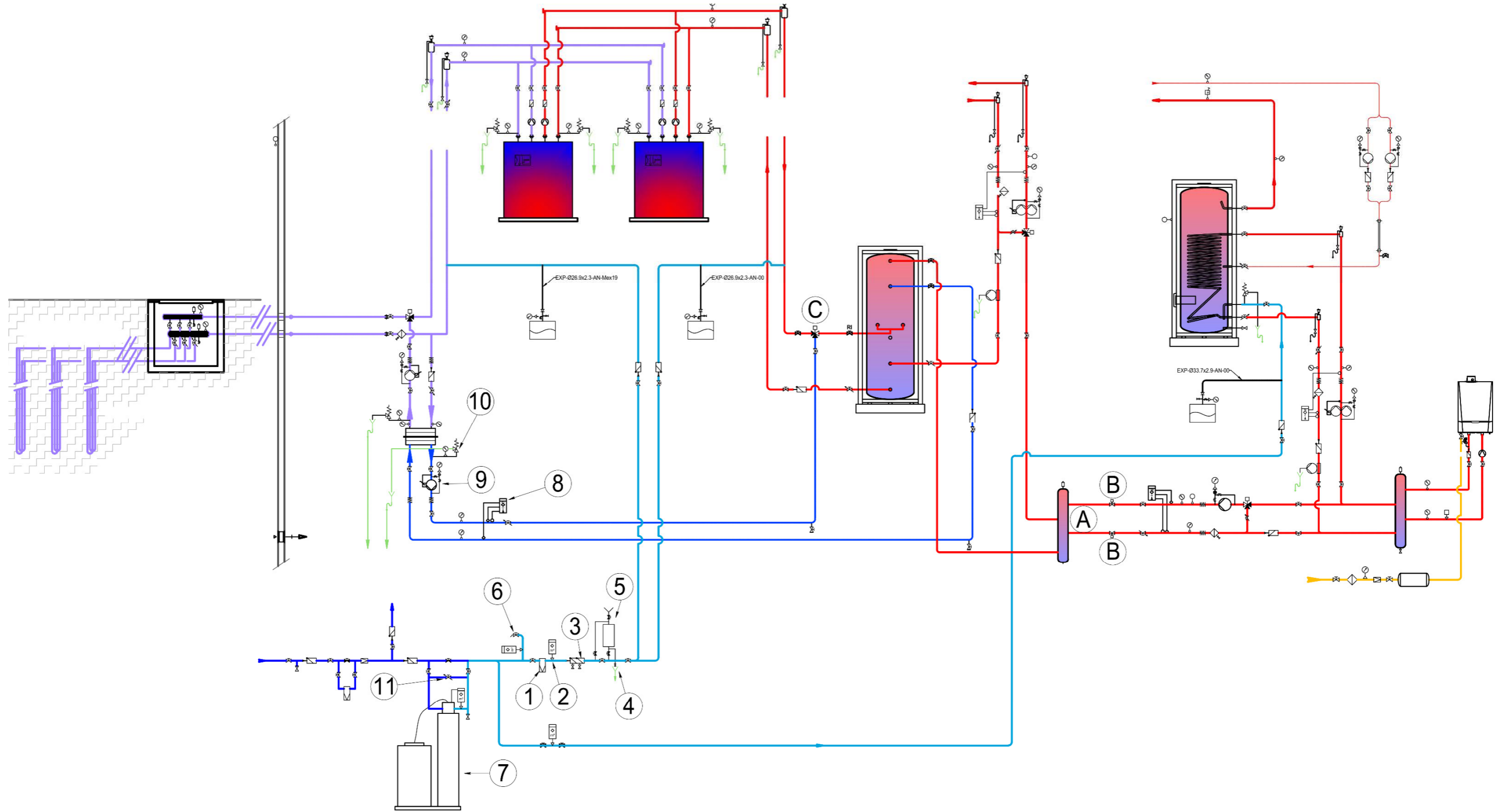
- a) D'après le **DT 8 page 22**, on a des E/S analogiques et des E/S numériques. Expliquer la différence entre ces deux types de signaux. Donner un exemple pour ces deux catégories.
- b) On a la documentation technique de l'UGL retenue **DT 8 page 22**, vérifier la correspondance entre le nombre d'E/S et le nombre de points physiques. Conclure sur la compatibilité de cette unité pour notre installation.
- c) Sur le **DR 7 page 29**, on retrouve les connexions de l'UGL, de la vanne trois voies réseau appoint chauffage, de la sonde extérieure et de la pompe appoint chauffage. Réaliser les connexions filaires entre ces trois éléments et l'UGL.
- d) Pour comprendre le fonctionnement de cette régulation, on vous donne le régime d'eau : 45°C/40°C avec une pente de 1,15 pour la distribution chauffage. Le moteur de vanne trois voies est une version NC (fermé au repos). La régulation permet de gérer l'ouverture et la fermeture de cette vanne en fonction de la température départ appoint chauffage. C'est un régulateur proportionnel.

On s'intéresse à la température extérieure, expliquer le principe de fonctionnement de ce type de sonde (Ni1000).

On mesure une température de 10 °C. A l'aide du document **DT8 page 22**, donner la valeur mesurée par le régulateur et donner la précision de lecture de cette sonde. Est-ce que cette sonde est adaptée à la grandeur mesurée (justifier votre réponse) ?

- e) Avec une Bande proportionnelle de 10K, une température mesurée départ appoint chauffage de 20°C et une consigne départ de 27,5 [°C]. Quel est le signal envoyé par le régulateur à la vanne trois voies ? Tracer le graphique de régulation de la vanne et donner la valeur du signal.
- f) Quel est le principal inconvénient d'une régulation proportionnelle ? Comment améliorer cette régulation ?

DT1 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA CHAUFFERIE



DT2 : DOCUMENTATION TECHNIQUE DES PAC

VIESSMANN

VITOCAL 300-G

Pompe à chaleur à 1 et 2 allures
comme pompe à chaleur eau glycolée/eau de 5,9 à 85,6 kW
comme pompe à chaleur eau/eau de 7,9 à 117,8 kW

Caractéristiques techniques du type BW/BWS/WW 301.A21 à A45

Données techniques des pompes à chaleur eau glycolée/eau : type BW, BWS

Type BW 301.A. BWS 301.A	21	29	45
Performances selon EN 14511 (0/35 °C, écart de 5 K)			
Puissance nominale kW	21,2	28,8	42,8
Puissance frigorifique kW	17,0	23,3	34,2
Puissance électrique absorbée kW	4,48	5,96	9,28
Coefficient de performance ε (COP)	4,73	4,83	4,60
Performances selon EN 255 (0/35 °C, écart de 10 K)			
Puissance nominale kW	21,5	29,2	43,5
Puissance frigorifique kW	17,5	23,8	35,0
Puissance électrique absorbée kW	4,33	5,75	9,16
Coefficient de performance ε (COP)	4,97	5,08	4,8
Eau glycolée (circuit primaire)			
Capacité l	7,3	9,1	12,7
Débit volumique minimal (Δt = 5 K) l/h	3300	4200	6500
Pertes de charge mbar	90	120	200
Température de départ maximale °C	25	25	25
Température de départ minimale °C	-5	-5	-5
Eau de chauffage (circuit secondaire)			
Capacité l	7,3	9,1	12,7
Débit volumique minimal (Δt = 10 K) l/h	1900	2550	3700
Pertes de charge mbar	30	48	60
Température de départ maximale °C	60	60	60
Paramètres électriques de la pompe à chaleur			
Tension nominale du compresseur de la pompe à chaleur 2ème allure (type BWS) V	3/PE 400 V/50 Hz		
Intensité nominale du compresseur A	16	22	34
Intensité de démarrage du compresseur (avec limiteur de courant de démarrage) A	<30	41	47
Intensité de démarrage du compresseur, rotor bloqué A	95	118	174
Protection par fusibles du compresseur A	1xC16A tripolaire	1xC25A tripolaire	1xC40A tripolaire
Classe de protection	I	I	I
Paramètres électriques de la régulation			
Tension nominale de la régulation/du système électronique V	1/N/PE 230 V/50 Hz		
Protection par fusibles de la régulation/du système électronique	1xB16A		
Fusible de la régulation/du système électronique A	T 6,3 A /250 V		
Puissance électrique absorbée maximale de la régulation/du système électronique de la pompe à chaleur 1ère allure (type BW) W	25	25	25
Puissance électrique absorbée maximale de la régulation/du système électronique de la pompe à chaleur 2ème allure (type BWS) W	20	20	20
Puissance électrique absorbée de la régulation/du système électronique 1ère et 2ème allures W	45	45	45
Indice de protection	IP 20	IP 20	IP 20
Circuit frigorifique			
Fluide frigorigène	R 410 A		
Quantité de fluide kg	6,5	7,3	10,0
Compresseur type	Scroll entièrement hermétique		
Pression de service admissible côté haute pression bars	43	43	43
Pression de service admissible côté basse pression bars	28	28	28
Pression de service admissible			
Circuit primaire bars	3	3	3
Circuit secondaire bars	3	3	3
Dimensions			
Longueur totale mm	1085	1085	1085
Largeur totale mm	780	780	780
Hauteur totale (régulation ouverte) mm	1267	1267	1267

DT4 : REPARTITION DANS UN RESEAU HYDRAULIQUE

Raccordement	Association de composants en série	Association de composants en parallèle
Explications	<p>Lorsque des composants sont associés en série :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ils sont traversés par le même débit - Les pertes de charge totales sont égales à la somme des pertes de charge de chaque composant pris séparément. <p>On peut alors démontrer qu'une association de composants en série est équivalente à un composant unique dont la résistance hydraulique serait égale à la somme des résistances hydrauliques des différents composants pris séparément et traversés par le même débit.</p>	<p>Lorsque des composants sont associés en parallèle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les débit entrant et sortant sont égaux à la somme des différents débits parcourant chacun des composants. - Les pertes de charge de chaque composant sont égales <p>On peut alors démontrer qu'une association de composants en parallèle est équivalente à un composant unique traversé par la somme des débits parcourant les différentes branches.</p>
Illustration	$Z_{eq} = (Z_1 + Z_2 + Z_3) \text{ et } \Delta p_{eq} = Z_{eq} \times q^2$	$Z_{eq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{Z_1}} + \frac{1}{\sqrt{Z_2}} + \frac{1}{\sqrt{Z_3}}\right)^2} \text{ et } q = q_1 + q_2 + q_3$
Représentation graphique	<p style="text-align: center;">Pertes de charge</p>	<p style="text-align: center;">Pertes de charge</p>

DT5 : CCTP ELECTRICITE

Généralités : (extrait)

Chaque alimentation électrique sera protégée par un disjoncteur différentiel dédié.

Alimentation chaufferie :

Localisation :

- Local technique chauffage.

Caractéristiques électriques :

- Le schéma de liaison à la terre sera de type TT.
- 400V Tri +N+ T – 16 kW.

Nota :

- Tension et puissance électrique à faire confirmer à la réalisation,
- Fourniture, pose et raccordement du coffret de protection chaufferie à la charge du lot: Plomberie, chauffage VMC.

Electricité local technique chauffage

LT PAC + chaufferie, Tri 230/400 V+T :

- PAC 2 x 5 kW
- chaudière 1 kW
- Auxiliaires + PC (entretien)..... 5 kW
- Total local techniques PAC+chaudière.....16 kW

Tableaux divisionnaires – Raccordements

Les protections seront assurées par disjoncteurs. Le fonctionnement et défaut de chaque appareil ou groupe d'appareils identiques sera signalé de façon lumineuse sur les modules par diodes électroluminescentes.

Régulation centralisée

Un système de régulation et d'automatisme sera installé dans le bâtiment. Ce système sera constitué des éléments suivants :

- Une unité de gestion locale (UGL) implantée dans l'armoire du local de production, avec terminal local d'exploitation pour reprise des modules entrées sorties et pilotage des différents actionneurs de chauffage et de ventilation, avec visualisation possible, par l'exploitant, depuis un terminal local d'exploitation sur PC (à charge de l'exploitant),
- Un réseau de communication.
- Des périphériques tels que capteurs et actionneurs.

Programme : Les boucles de régulation pourront être de type P, PI, PID, P+PI

DT6 : LIMITE MAXIMALE CHUTE DE TENSION

· Limite maximale de la chute de tension

Type d'installations	Eclairage	Autres usages (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé MT/BT	6%	8%

Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre de canalisation au-delà de 100 m, sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0,5 %.

DT7 : POINTS GTB

Désignation	Points physiques						
	TA	TS	TQ	TMr	TMu	TC	TR
Production eau chaude sanitaire							
Température ballon				1			
Température bouclage				1			
Commande pompe bouclage						1	
Défaut pompe bouclage	1						
Commande pompe bouclage 2						1	
Défaut pompe bouclage 2	1						
Défaut surchauffe ECS	1						
Chaudière							
Température extérieure				1			
Manque d'eau primaire	1						
Manque d'eau secondaire	1						
Autorisation marche						1	
Défaut chaudière	1						
Température sortie chaudière				1			
Manque d'eau chaudière	1						
Commande pompe appoint chaudière						1	
Défaut pompe appoint chaudière	1						
Température départ circuit appoint				1			
V3V appoint chaudière							1
Total	8			5		4	1

Avec :

- TA/TS : Entrées digitales alarme/signalisation
- TQ : Comptages impulsions
- TMr : Entrées analogiques NI1000 de mesure
- TMu : Entrées analogiques tension de mesure
- TC : Sorties digitales de commande
- TR : Sorties analogiques de réglage
- ModBus : Points soft protocole ModBus
- MBus : Points soft protocole MBus

DT8 : DOCUMENTATION TECHNIQUE UGL ET SONDE EXTERIEURE

EY-AS 524, 525 : Unité modulaire de gestion locale, modu524/525

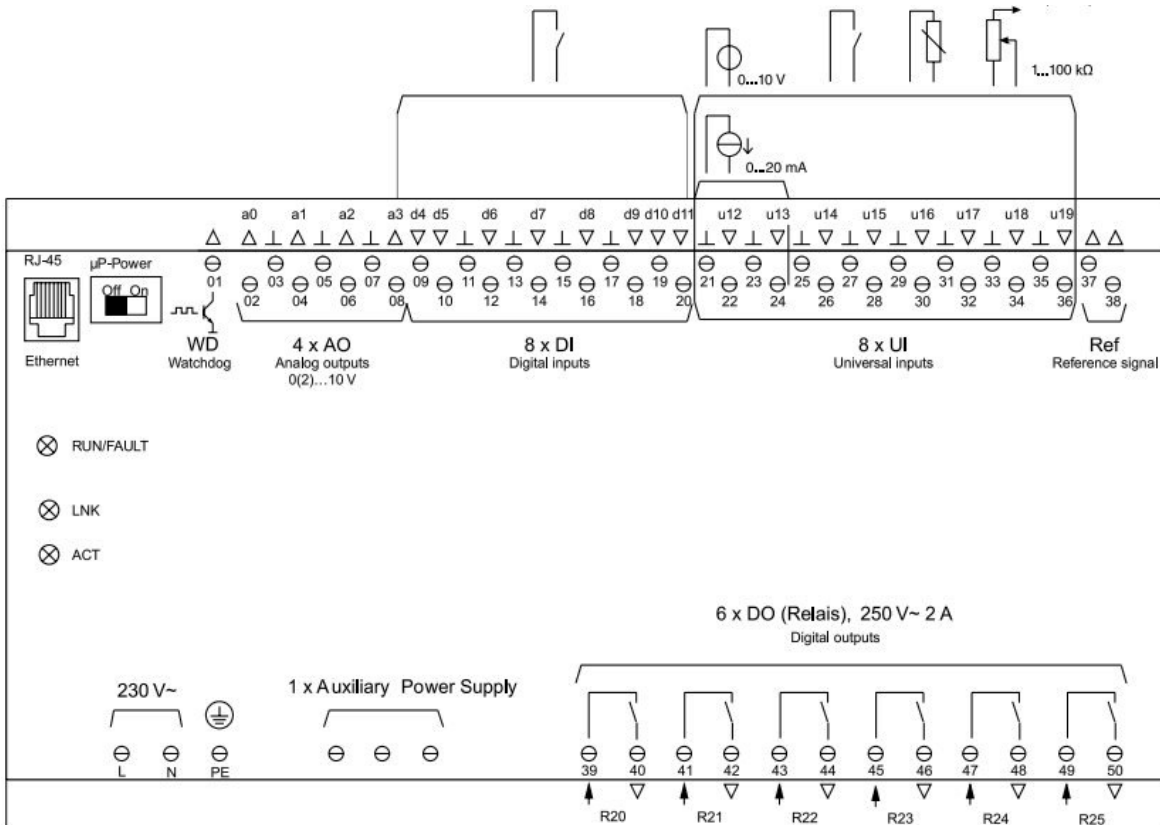


EY-AS525F00*
EY-AS524F001



Entrées/sorties

Entrées numériques	8 (alarme/état)
Sorties numériques	6 (relais, 24...250 V~, 2 A)
Entrées universelles	8 (Ni1000/Pt1000, U/I/R, DI)
Sorties analogiques	4 (0...10 V)
Sortie chien de garde cadencée	1 (5 Hz)

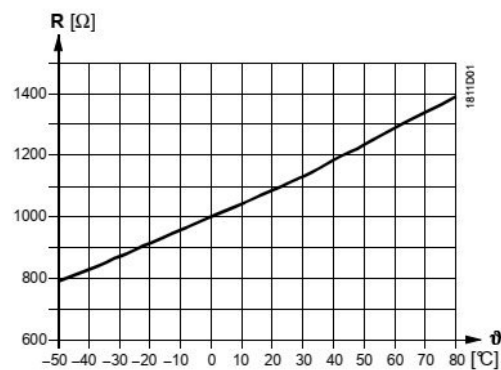


Sondes extérieures

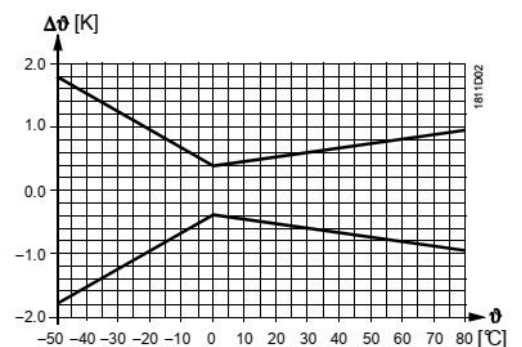
Éléments sensibles

LG-Ni 1000

Caractéristique :



Précision:

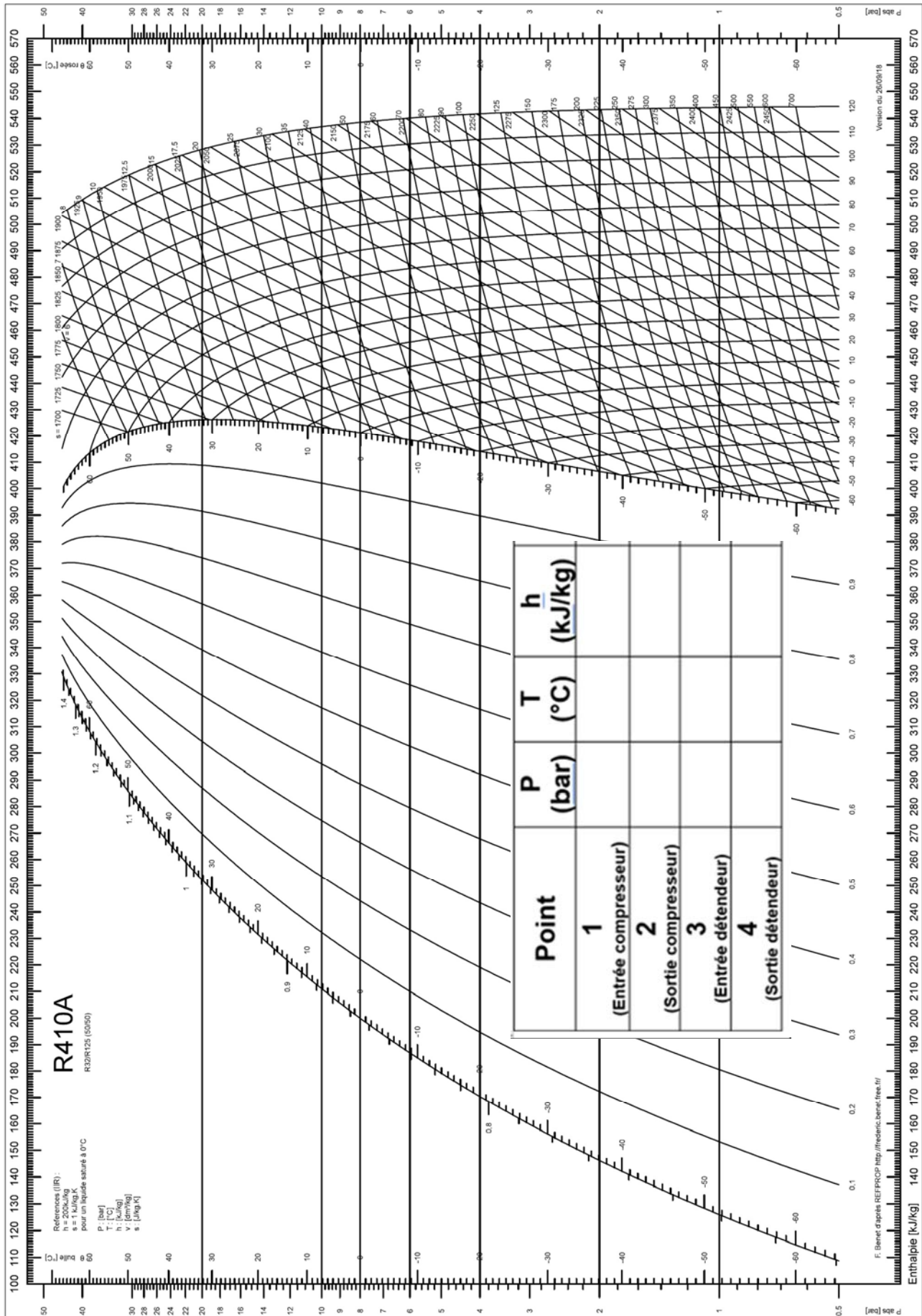


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR 1 : NOMENCLATURE SCHEMA DE PRINCIPE

Repère	Nom	Fonction
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		
⑦		
⑧		
⑨		
⑩		

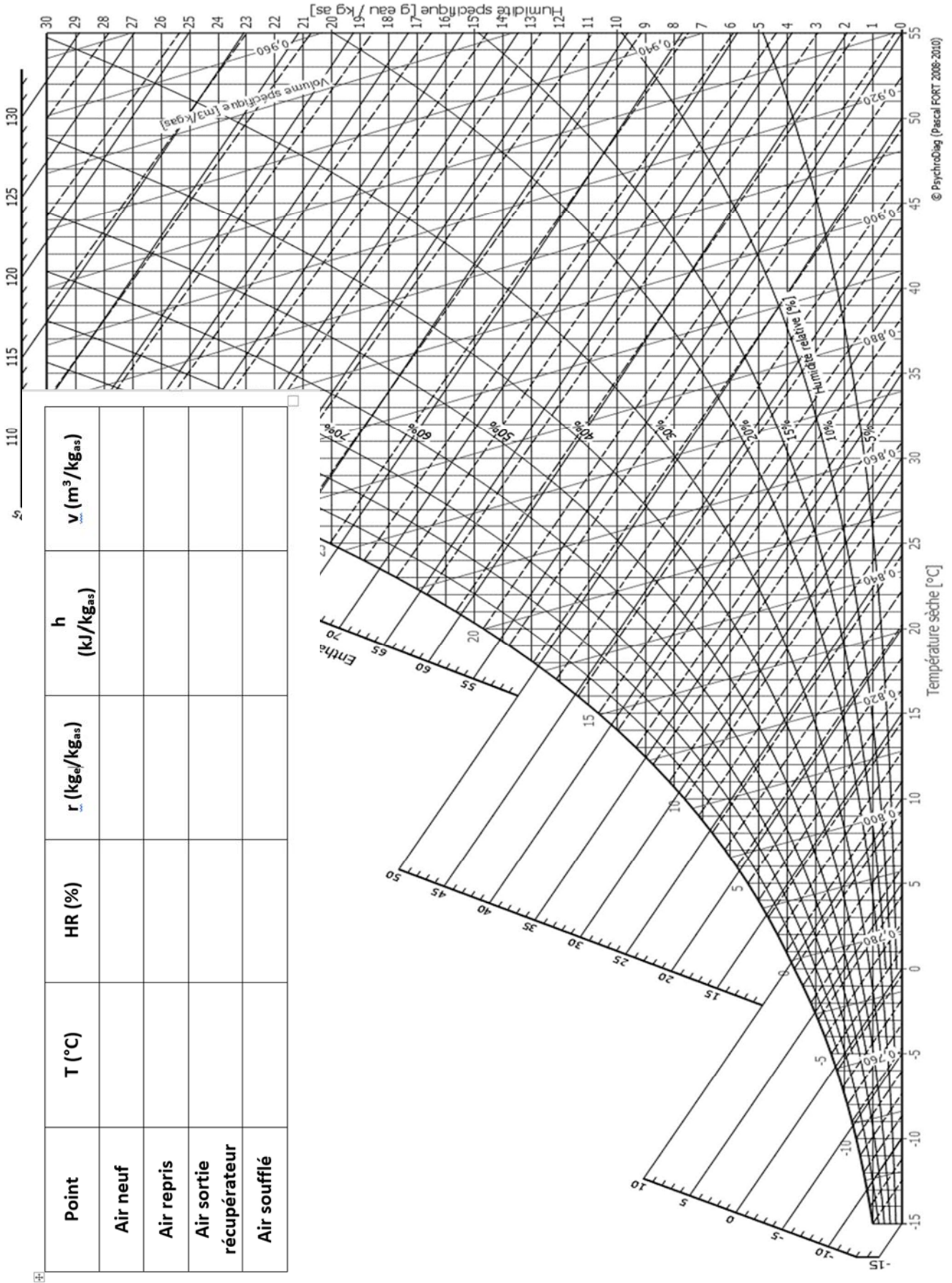
DR 2 : DIAGRAMME ENTHALPIQUE R410A



DR3 : DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

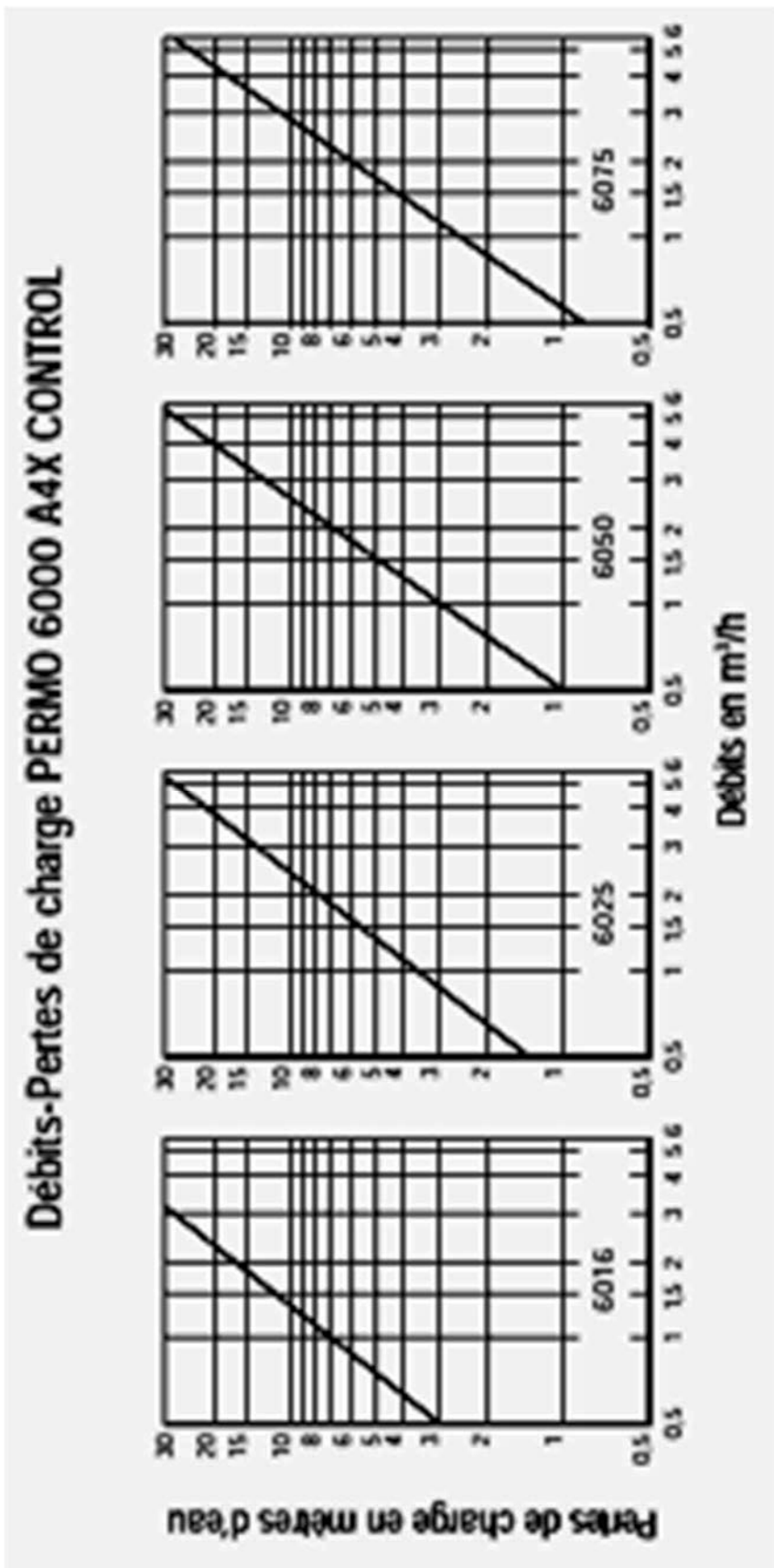
Pression atmosphérique 101325 Pa Altitude 0 m



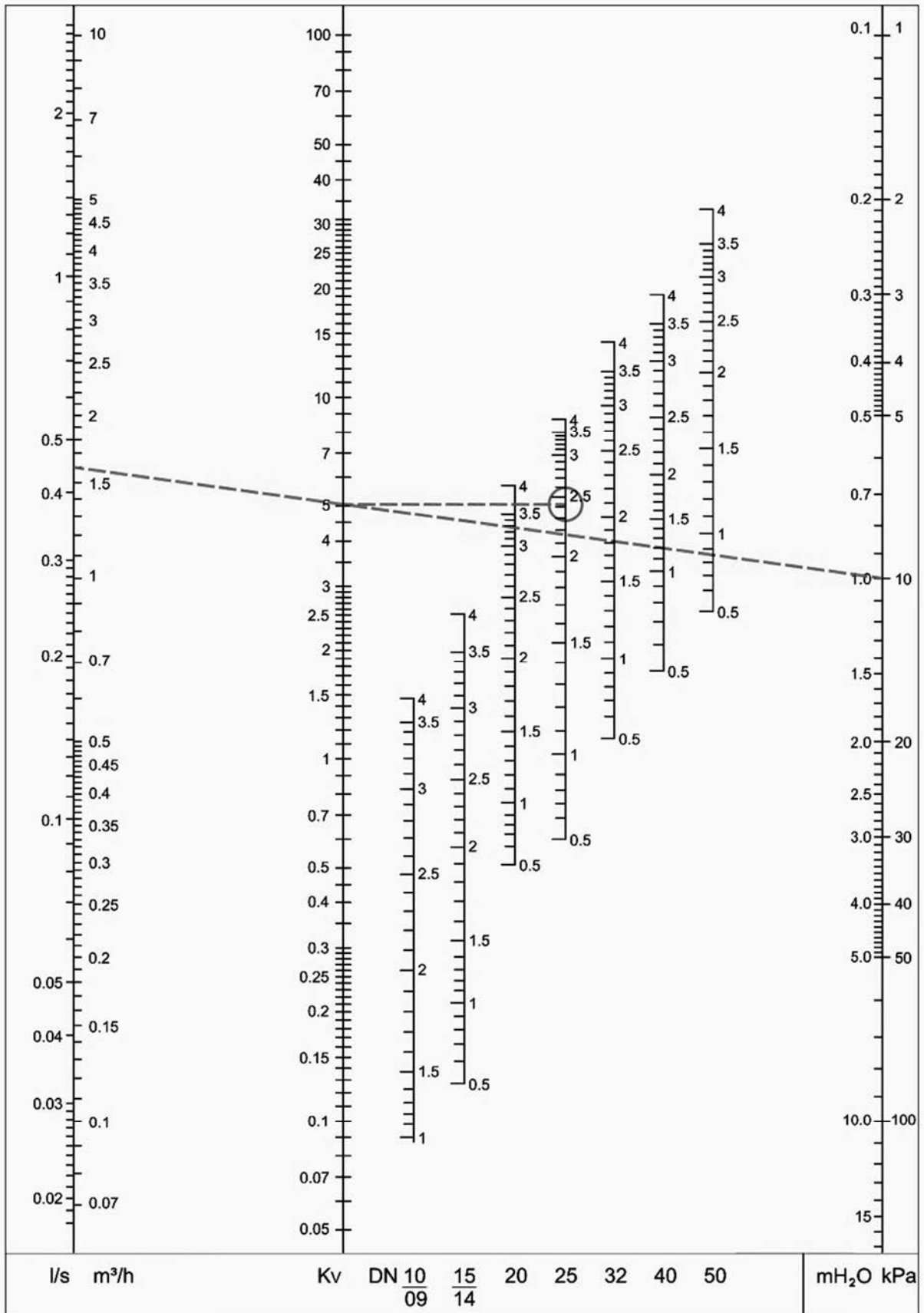
© PsychroDiag (Pascal FORT 2008-2010)

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR 4 : ABAQUE DES PERTES DE CHARGES DE L'ADOUUCISSEUR

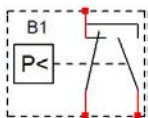
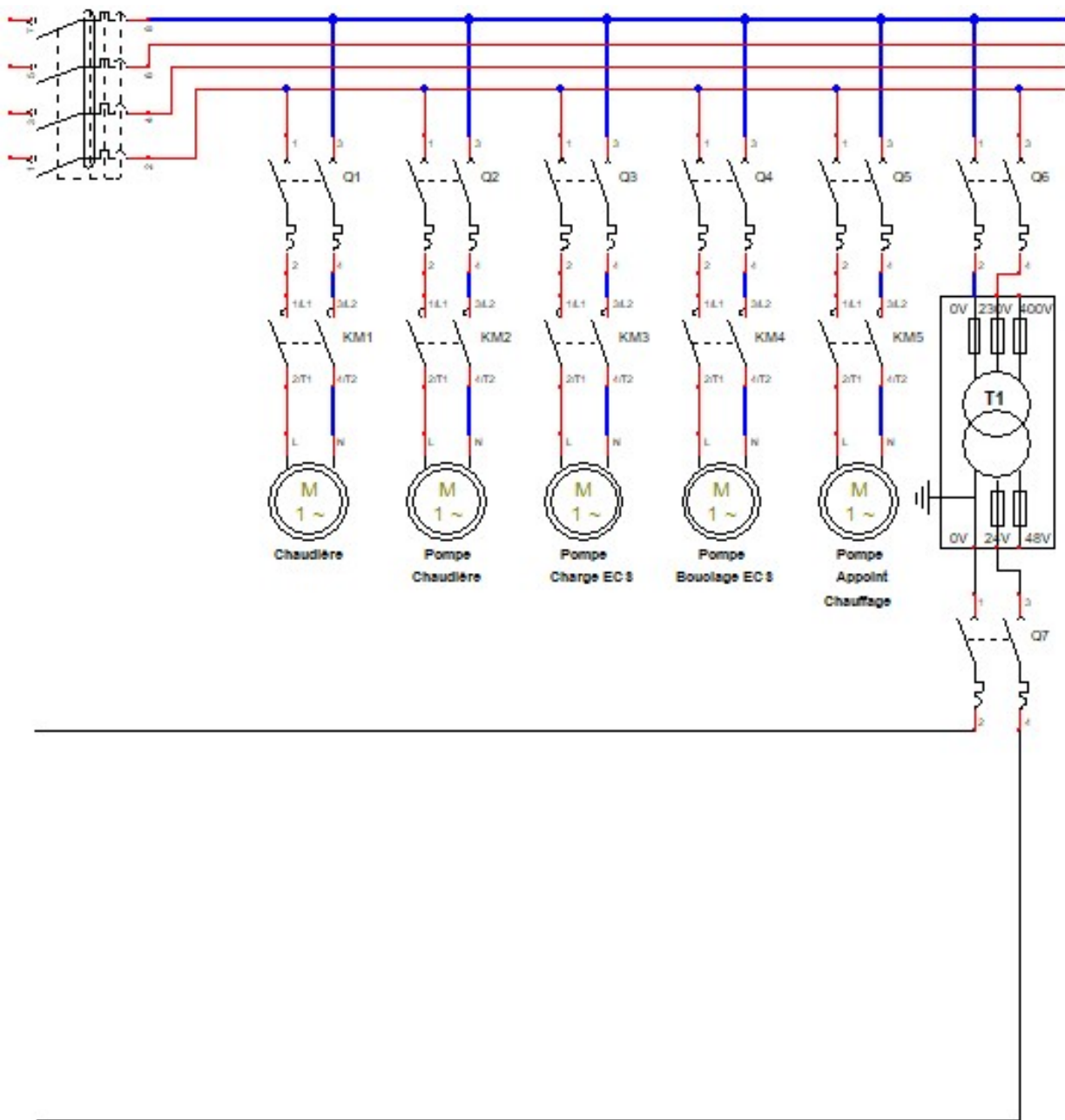


DR5 : ABAQUE DE LA VANNE D'EQUILIBRAGE

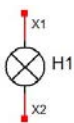


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

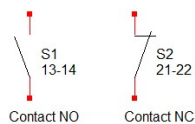
DR6 : SCHEMA ELECTRIQUE TABLEAU DISTRIBUTION



Pressostat manque d'eau



Voyant lumineux



Chaque contacteur est équipé de contact

DR7 : CONNEXIONS

